

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до виконання практичних робіт
із навчальної дисципліни**

«ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»

*(для студентів денної і заочної форм навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019**

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт із навчальної дисципліни «Експлуатаційні властивості транспортних засобів» (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Прасоленко, І. С. Бугайов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 27 с.

Укладачі: О. В. Прасоленко,
І. С. Бугайов

Рецензент

Є. І. Куш, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,
протокол № 1 від 29.08.2016.*

ЗМІСТ

Практична робота № 1 Розрахунок тягово-динамічних характеристик автомобіля	4
Практична робота № 2 Розрахунок характеристик руху автомобіля з урахуванням умов експлуатації.....	12
Практична робота № 3 Розрахунок вибігу автомобіля	16
Практична робота № 4 Розрахунок параметрів гальмування автомобіля	21
Список рекомендованих джерел	27

Практична робота № 1

РОЗРАХУНОК ТЯГОВО-ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – отримати практичні навички щодо визначення тягово-динамічних характеристик автомобіля.

Завдання:

1. Розрахувати крутний момент.
2. Розрахувати силу тяги через крутний момент.
3. Розрахувати швидкість руху на різних передачах.
4. Побудувати графіки зміни сили тяги й крутного моменту на різних передачах і швидкості руху.
5. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Номер варіанта*	Максимальна потужність автомобіля, кВт	Обороти колінчастого вала, об./хв	Передаточні числа коробки передачі			
			передача 1	передача 2	передача 3	передача 4
1	32,2	4 000	3,5	2,2	1,35	0,999
2	35,5	3 800	3,5	2,12	1,3	0,955
3	40,0	4 100	3,6	2,41	1,39	0,885
4	55,5	4 400	3,1	2,01	1,35	0,897
5	50,0	3 600	3,4	2,02	1,28	0,852
6	60,2	4 250	3,2	2,19	1,22	0,825
7	65,1	3 700	3,3	2,08	1,32	0,808
8	70,2	4 100	3,5	2,42	1,4	0,897
9	75,2	4 200	2,9	1,98	1,32	0,797
10	70,0	4 200	3,1	2,02	1,309	0,864

* Варіант обирають за останньою цифрою залікової книжки.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Номер варіанта*	Передаточне число головної передачі	ККД трансмсії	Радіус диска колеса, R, дюйм	Розмір шин
1	4,005	0,97	13	165/65
2	3,989	0,99	13	165/60
3	3,659	0,97	14	175/55
4	3,598	0,96	15	185/60
5	3,890	0,98	13	175/60
6	3,798	0,97	14	185/55
7	3,888	0,95	15	195/60
8	3,998	0,96	13	165/50
9	4,051	0,94	14	175/65
0	4,111	0,99	15	195/55

* Варіант обирають за передостанньою цифрою залікової книжки.

Етапи виконання

Механічна енергія, що виробляється двигуном автомобіля, передається через трансмісію на ведучі колеса, викликаючи появу пари сил, одна з яких тягове зусилля (сила тяги Pp).

Сила тяги (Pp) обумовлена наявністю на ободі ведучих коліс крутного моменту (M_K).

Двигун автомобіля розвиває ефективну потужність N_e , Вт, яка створює на колінчастому валу крутний момент M_e :

$$M_e = \frac{N_e}{n_e} \quad (1.1)$$

де N_e – потужність двигуна, Вт;

n_e – кількість обертів колінчастого вала за хвилину.

Однак за відсутності зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, отриманої шляхом стендових випробувань, в інженерних розрахунках показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів можна використовувати характеристику, розраховану методом С. Р. Лейдерман.

Зокрема, маючи в своєму розпорядженні значеннями максимальної потужності $N_{e\max}$ і відповідної їй частоти обертання колінчастого вала, який вказано в технічній характеристиці автомобіля, використовують наступний алгоритм розрахунків ефективного крутного моменту:

– визначити мінімальну частоту обертання колінчастого вала:

$$n_{e\min} = 0,2 \cdot n_{eN} ; \quad (1.2)$$

– визначити крок варіювання частоти обертання вала:

$$\Delta n_e = 0,1 \cdot n_{eN} ; \quad (1.3)$$

– визначити максимальну частоту обертання вала:

$$n_{e\max} = 1,1 \cdot n_{eN} ; \quad (1.4)$$

– визначити поточну частоту обертання вала двигуна (табл. 1.3):

$$n_{ei} = n_{e(i-1)} + \Delta n_e ; \quad (1.5)$$

– визначити поточну ефективну потужність двигуна (табл. 1.3):

$$N_{ei} = N_{e\max} \cdot K_i, \quad (1.6)$$

де K_i – коефіцієнт втрати потужності для кожного значення;

– визначити поточний ефективний крутний момент (табл. 1.3):

$$M_{ei} = 30 \cdot N_{ei} / (\pi \cdot n_{ei}). \quad (1.7)$$

Крутний момент через головну передачу й диференціал подається на пів осі автомобіля, створюючи на провідних колесах крутний момент

$$M_K = M_e i_k i_o \eta, \quad (1.8)$$

де M_e – крутний момент на колінчастому валу;

i_k – передаточне число коробки передач;

i_o – передаточне число головної передачі;

η – ККД трансмісії.

Силу тяги, P_p , Н, через крутний момент можна визначити з виразу

$$P_p = \frac{M_k}{r_k}, \quad (1.9)$$

де r_k – деформований радіус колеса (радіус кочення ведучих коліс в зоні контакту з покриттям), м;

$$r_k = r \cdot \lambda, \quad (1.10)$$

де λ – коефіцієнт деформації шини, на твердій поверхні (становить 0,95 для шин низького тиску).

Далі слід розрахувати швидкість руху автомобіля на всіх передачах за формулою:

$$V_a = (2\pi \cdot r_k \cdot n_e) / (i_k \cdot 60). \quad (1.11)$$

Приклад розрахунків для вихідних даних

Номер варіанта	Максимальна потужність автомобіля, кВт	Обороти колінчастого валу, об. хв	Передаточні числа коробки передачі			
			1	2	3	4
X	30,2	4200	3,8	2,12	1,409	0,964

Номер варіанта	Передаточне число головної передачі	ККД трансмісії	Радіус диска колеса, R, д.	Розмір шин
X	4,125	0,98	16	205/55

1. Розрахуємо ефективний крутний момент:

$$\begin{aligned}
 n_{e\min} &= 0,2 \cdot 4\,200 = 840 \text{ об./хв}; \\
 \Delta n_e &= 0,1 \cdot 4\,200 = 420 \text{ об./ хв}; \\
 n_{ei} &= 840 + 420 = 1\,260 \text{ об./ хв}; \\
 n_{e\max} &= 4\,200 \cdot 1,1 = 4\,620 \text{ об./ хв}; \\
 N_{ei} &= 30\,200 \cdot 0,232 = 7\,007 \text{ Вт}; \\
 M_{ei} &= 30 \cdot 7\,007 / 3,14 \cdot 840 = 80 \text{ Н·м}.
 \end{aligned}$$

Розрахунки для всіх параметрів подано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків зовнішньої характеристики двигуна

Частота обертів, n_e , об./хв	Коефіцієнт втрати потужності, K_i	Ефективна потужність, N_e , Вт	Ефективний момент, M_{ei} , Н·м
840 ($n_{e\min}$)	0,232	7 007	80
1 260	0,363	10 963	84
1 680	0,496	14 980	86
2 100	0,625	18 875	86
2 520	0,744	22 469	86
2 940	0,847	25 580	84
3 360	0,928	28 026	80
3 780	0,981	29 627	75
4 200	1	30 200	69
4 620 ($n_{e\max}$)	0,98	29 596	62

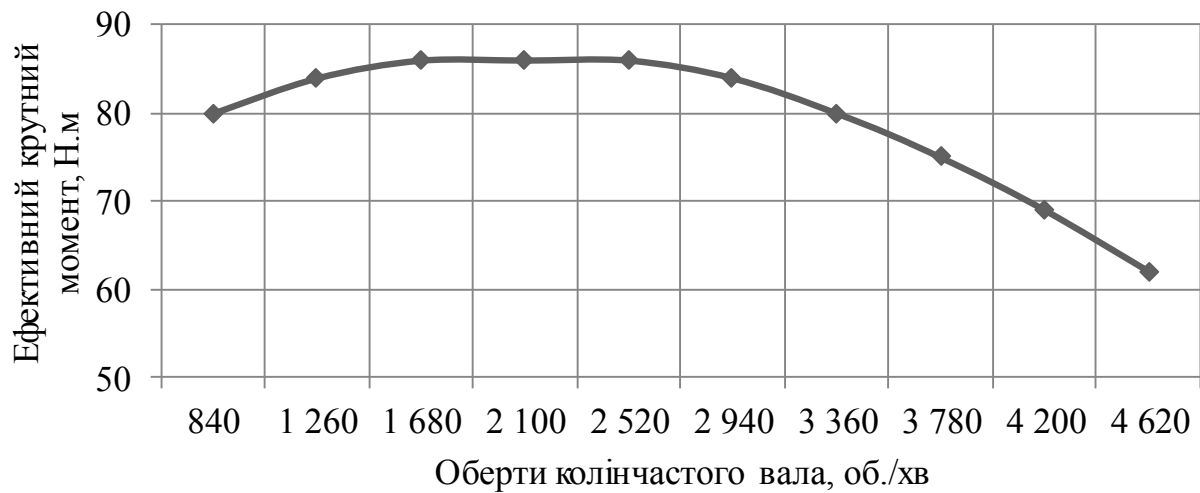


Рисунок 1.1 – Графік змінювання ефективного крутного моменту залежно від обертів колінчастого вала, об. / М

2. Розрахуємо крутний момент на ведучих колесах:

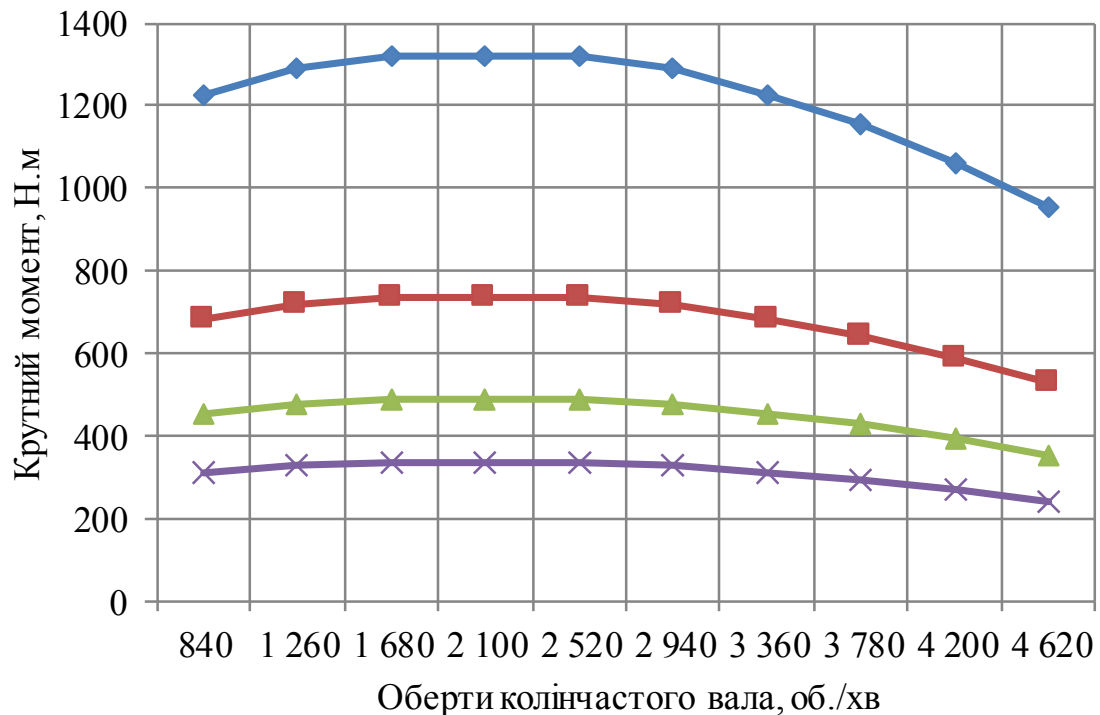
Для передачі 1:

$$M_{\kappa} = 80 \cdot 3,8 \cdot 4,125 \cdot 0,98 \approx 1229 \text{ Н.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки для інших передач. Результати подано в таблиці 1.4 і на рисунку 1.2.

Таблиця 1.4 – Крутний момент на провідних колесах, Н м

Ефективний момент, M_{ei} , Н·м	Частота обертів, n_e , об./хв	Крутний момент на провідних колесах, M_{κ} , Н м:			
		передача 1	передача 2	передача 3	передача 4
80	840	1 229	686	456	312
84	1 260	1 291	720	479	328
86	1 680	1 322	738	490	336
86	2 100	1 322	738	490	336
86	2 520	1 322	738	490	336
84	2 940	1 291	720	479	328
80	3 360	1 229	686	456	312
75	3 780	1 153	643	428	293
69	4 200	1 060	592	394	269
62	4 620	953	532	354	242



— передача 1 — передача 2 — передача 3 — передача 4

Рисунок 1.2 – Графік змінювання крутного моменту на колесах

3. Силу тяги (P_p) визначаємо через крутний момент, де значення r (радіус колеса) обчислюється для заданого типорозміру шин і диска колеса.

Наприклад, для шин розміром 205/55 R16; 205 – ширина шини в мм, 55 – висота профілю шини у відсотках від її ширини, тобто висота шини, становить $205 \cdot 0,55 = 112,75$ мм, або 11,275 см.

Крім того, диск радіусом R16 має діаметр 40,6 см.

Таким чином, сума діаметра диска й висоти профілю шини

$$11,275 + 40,6 + 11,275 = 63,15 \text{ см.}$$

Тоді $r = 63,15 / 2 \cdot 0,01 \approx 0,32 \text{ м.}$

Для довідки: R15 – 38,1 см.; R14 – 35,6 см.; R13 – 33 см.

Тоді для першої передачі P_p :

$$P_p = 1229 / 0,26 \cdot 0,95 = 4975,709 \text{ Н.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки для інших передач. Результати подано в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати розрахування сили

Ефективний момент, Н·м	Частота обертів, об./хв	Сила тяги на провідних колесах, Н			
		передача 1	передача 2	передача 3	передача 4
80	840	4 975,709	2 777,328	1 846,154	1 263,158
84	1 260	5 226,721	2 914,98	1 939,271	1 327,935
86	1 680	5 352,227	2 987,854	1 983,806	1 360,324
86	2 100	5 352,227	2 987,854	1 983,806	1 360,324
86	2 520	5 352,227	2 987,854	1 983,806	1 360,324
84	2 940	5 226,721	2 914,98	1 939,271	1 327,935
80	3 360	4 975,709	2 777,328	1 846,154	1 263,158
75	3 780	4 668,016	2 603,239	1 732,794	1 186,235
69	4 200	4 291,498	2 396,761	1 595,142	1 089,069
62	4 620	3 858,3	2 153,846	1 433,198	979,7571

4. Розраховуємо швидкість руху автомобіля.

Для передачі 1:

$$V_a = (2 \cdot 3,14 \cdot 0,26 \cdot 840) / (3,8 \cdot 60) = 6,02 \text{ км/ч.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки для інших передач. Результати подано в таблиці 1.6. і на рисунку 1.3, 1.4.

Таблиця 1.6 – Результати розрахування швидкості

Частота обертів, об./хв	Швидкість руху, км/год:			
	передача 1	передача 2	передача 3	передача 4
840	6,02	10,78	16,22	23,71
1 260	9,02	16,17	24,34	35,57
1 680	12,03	21,57	32,45	47,43
2 100	15,04	26,96	40,56	59,28
2 520	18,05	32,35	48,67	71,14
2 940	21,05	37,74	56,78	83,00
3 360	24,06	43,13	64,89	94,85
3 780	27,07	48,52	73,01	106,71
4 200	30,08	53,91	81,12	118,56
4 620	33,09	59,30	89,23	130,42

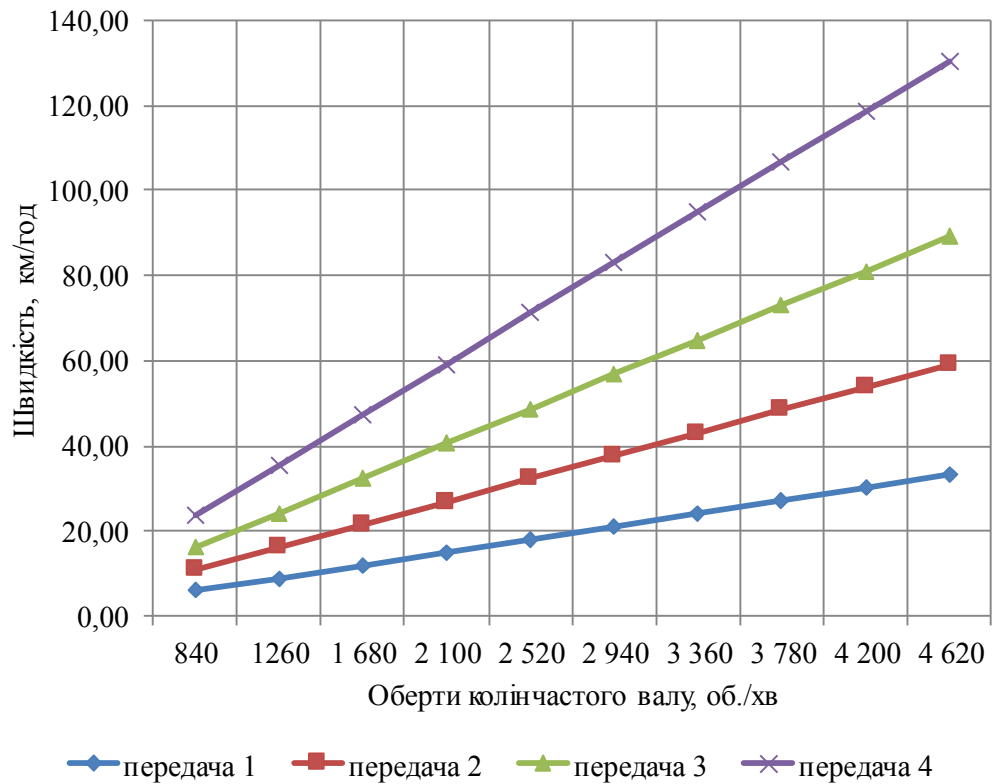


Рисунок 1.3 – Графік змінювання швидкості руху залежно від обертів колінчастого вала

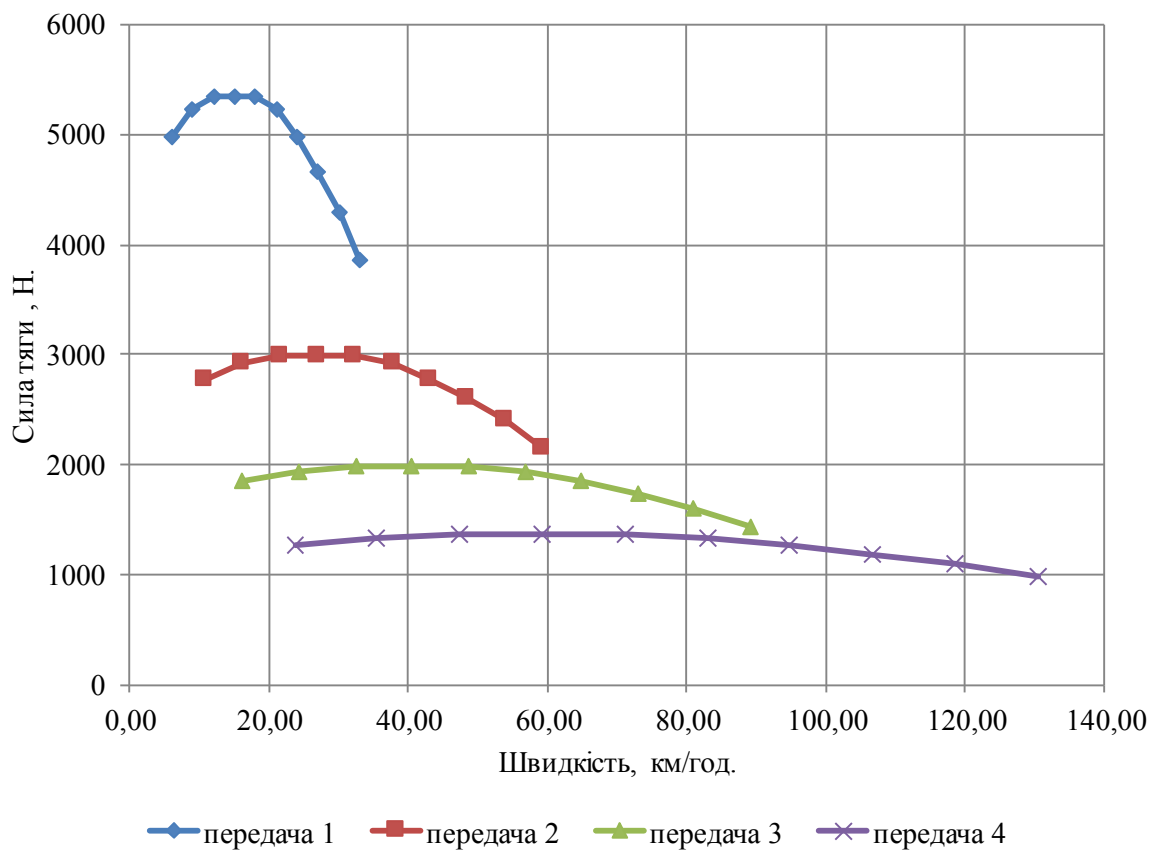


Рисунок 1.4 – Графік змінювання сили тяги залежно від швидкості руху на різних передачах

Практична робота № 2

РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК РУХУ АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета роботи – отримати практичні навички щодо вивчення впливу умов експлуатації на характеристики руху автомобіля.

Завдання:

1. Розрахувати силу опору кочення.
2. Розрахувати силу опору повітря.
3. Розрахувати силу інерції автомобіля.
4. Побудувати графік залежності сил опору руху від швидкості автомобіля.
5. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Номер варіанта	Марка автомобіля	Вага автомобіля, кг	Співвідношення ваги передньої та задньої частин автомобіля, %	
			передня частина	задня частина
1	Audi A6 (седан)	1 600	58	42
2	BA3-2101,	1 040	63	37
3	ГАЗ - 2402	1 400	61	39
4	Toyota Land Cruiser 100	2 445	57	43
5	Golf Variant (універсал)	1 279	55	45
6	BA3-2121	1 610	64	36
7	BA3-2106	1 045	62	38
8	Ford Galaxy (минивен)	1 665	59	41
9	Москвич-2141	1 055	69	31
0	VW Golf IV (хетчбек)	1 050	57	43

* Варіант обирається за останньою цифрою залікової книжки.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані

Номер варіанта	Тип покриття	Прискорення, м/с ²	Сповільнення, м/с ²
1	Цементобетонне сухе	2,9	7,4
2	Цементобетонне мокре	3,2	7,8
3	Асфальтобетонне сухе	3,8	8,1
4	Асфальтобетонне мокре	2,2	8,7
5	Цементобетонне мокре	4,1	8,6
6	Асфальтобетонне сухе	3,6	6,5
7	Цементобетонне сухе	3,8	6,8
8	Цементобетонне мокре	3,9	7,0
9	Асфальтобетонне сухе	2,2	5,9
0	Асфальтобетонне сухе	4,0	6,3

* Варіант обирається за останньою цифрою залікової книжки.

Етапи виконання

1. Розрахувати силу опору кочення

Сила опору коченню складається з сил тертя, що виникають між поверхнею шини і дорожнім покриттям, сил деформації шини і дороги в місці їх контакту, сил опору нерівностей (наприклад, при русі по камінню або розбитому асфальту, при виїзді з ям на дорозі) і сил тертя в підшипниках коліс.

Опір кочення розраховується за формулою:

$$P_f = \sum G_i f_v, \quad (2.1)$$

де P_f – сила опору кочення, Н;

G_i – навантаження на дорогу від окремих коліс, кг. Варто враховувати співвідношення ваги передньої та задньої частини автомобіля, %;

f_v – розрахунковий коефіцієнт опору кочення.

При швидкостях, близьких до розрахункових, для доріг з твердої, рівною поверхнею можна приймати, що коефіцієнт опору кочення підпорядковується залежності:

$$f_v = f_o (1 + 0,01(V - 50)); \quad (2.2)$$

де f_o – коефіцієнт опору кочення (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Експериментальні значення коефіцієнта f_o

Покриття	Коефіцієнт опору кочення f_o
Цементобетонне сухе	0,011
Цементобетонне мокре	0,019
Асфальтобетонне сухе	0,015
Асфальтобетонне мокре	0,021

Силу опору кочення за даними індивідуального варіанта слід розрахувати для швидкостей в діапазоні від 10 до 120 км / год. з кроком в 10 км / год.

2. Розрахувати силу опору повітря

Сила опору повітря в основному складається з сил лобового опору, яке викликане різницею тиску повітря спереду і ззаду автомобіля який рухається, сил опору, створюваного виступаючими частинами автомобіля, і сил тертя зовнішніх поверхонь автомобіля про довколишні шари повітря.

Сумарна сила опору повітря руху автомобіля (в Н) виражається формулою аеродинаміки:

$$P_w = \frac{KFV^2}{13}; \quad (2.3)$$

де K – коефіцієнт опору повітря рівний добутку щільності повітря ρ (1,21 кг/м³) на коефіцієнт обтічності автомобіля C_x ($K = C_x \rho$);

F – лобова площа автомобіля, м² (табл. 2.4);

V – швидкість руху автомобіля відносно повітряного середовища.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнта опору повітря

Номер п/п	Лобова площа автомобіля, м ²	Марка автомобіля	Коефіцієнт обтічності автомобіля, C_x
1	2,78	Audi A6 (седан)	0,31
2	2,46	BA3-2101,	0,45
3	2,91	ГАЗ - 2402	0,32
4	3,88	Toyota Land Cruiser (універсал)	0,568
5	3,12	Golf Variant (універсал)	0,365
6	2,88	BA3-2121	0,48
7	2,38	BA3-2106	0,45
8	3,22	Ford Galaxy (минивен)	0,384
9	2,71	Москвич-2141	0,445
10	2,39	VW Golf(хетчбек)	0,33

Силу опору повітря за даними індивідуального варіанта слід розрахувати для швидкостей в діапазоні від 10 до 120 км / год. з кроком в 10 км / год.

3. Розрахувати силу опору інерції

Сила опору інерції виникає при зміні швидкості руху автомобіля і складається з сил інерції поступального руху і інерційних моментів оберткових частин автомобіля.

Сила опору інерції визначається за формулою:

$$P_j = 0,1 \cdot G \cdot j_{y,z} \quad (2.4)$$

де P_j – сила опору інерції розраховується для прискорення і уповільнення автомобіля, Н;

$j_{y,z}$ – відносне прискорення (враховується при розгоні автомобіля), м/с²., уповільнення, враховується при гальмуванні;

G – вага автомобіля, кг.

Структура природної сили P_{ei} залежить від обраного режиму руху.
Так, при розгоні:

$$P_{ei} = P_f + P_w + P_j. \quad (2.5)$$

При гальмуванні:

$$P_{ei} = P_f + P_w - P_j. \quad (2.6)$$

Сили P_{ei} розраховуються для швидкостей в діапазоні від 10 до 120 км/год. з кроком в 10 км/год.

За результатами розрахунків будується графік впливу швидкості на сили опору руху при різних умовах експлуатації автомобіля.

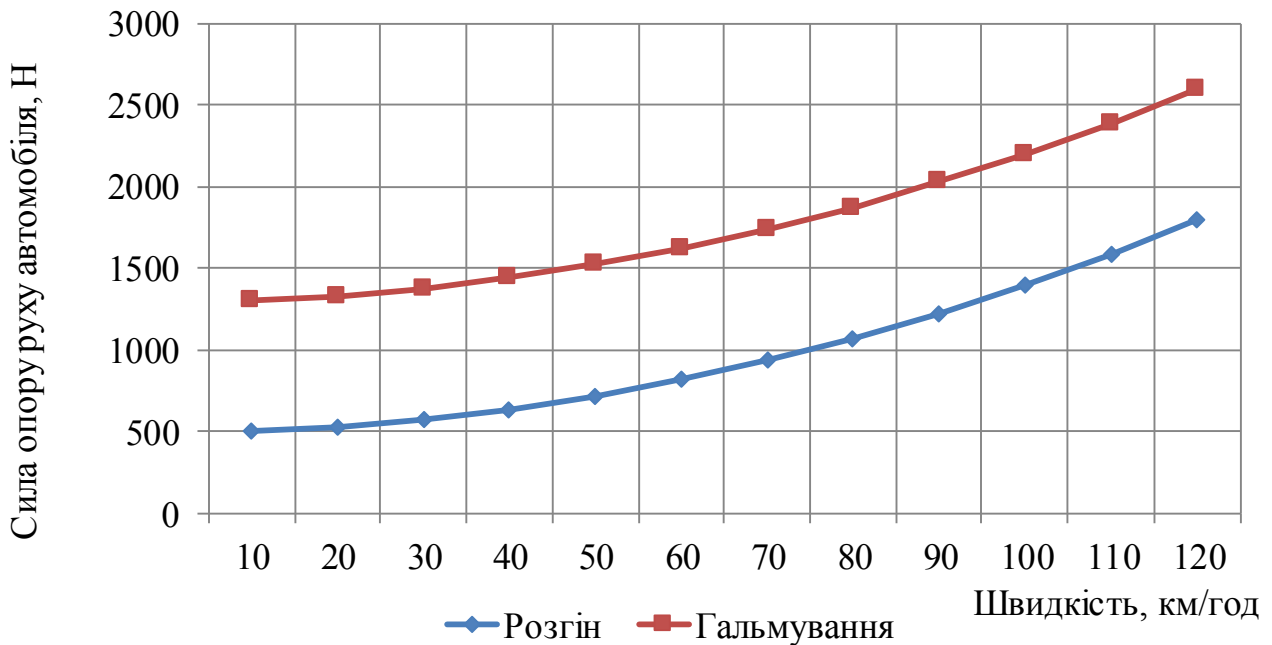


Рисунок 2.1 – Графік зміни сил опору руху в залежності від швидкості автомобіля

Практична робота № 3

РОЗРАХУНОК ВИБІГУ АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – отримати практичні навички щодо вивчення впливу параметрів руху автомобіля на його вибіг.

Завдання:

1. Розрахувати уповільнення для всіх діапазонів швидкостей.
2. Розрахувати середню швидкість при вибігу.
3. Розрахувати час вибігу.
4. Розрахувати відстань вибігання автомобіля.
5. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Номер варіанта	Марка автомобіля	Вага автомобіля, кг
1	Audi A6 (седан)	1 600
2	BA3-2101,	1 040
3	GA3-2402	1 400
4	Toyota Land Cruiser 100	2 445
5	Golf Variant (універсал)	1 279
6	BA3-2121	1 610
7	BA3-2106	1 045
8	Ford Galaxy (минивен)	1 665
9	Москвич-2141	1 055
0	VW Golf IV (хетчбек)	1 050

* Варіант обирають за останньою цифрою залікової книжки.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані

Номер варіанта	Значення коефіцієнта обліку обертових мас при вибігу
1	1,22
2	1,45
3	1,55
4	1,3
5	1,15
6	1,6
7	1,6
8	1,35
9	1,65
0	1,19

* Варіант обирають за останньою цифрою залікової книжки.

Етапи виконання

Вибіг автомобіля – сталий режим руху автомобіля при поступово зменшується швидкості після відключення двигуна. Під час вибігу рух триває за інерцією, кінетична енергія витрачається на подолання сил опору руху. Кількісно вибіг може вимірюватися в одиницях часу до зупинки, пройденої відстані. За величиною вибігу можна судити про ККД автомобіля: чим більше величина вибігання, тим менше енергії витрачається на подолання сил опору руху.

Уповільнення автомобіля при вибігу можна розрахувати за формулою:

$$j = (m_a \cdot g \cdot f_v + P_w) / (m_a \cdot \delta). \quad (3.1)$$

де m_a – вага автомобіля, кг;

g – прискорення вільного падіння, 9,8 м/с²;

P_w – сила опору повітря, Н;

f_v – коефіцієнт опору кочення;

δ – коефіцієнт обліку обертових мас при вибігу.

Значення опору кочення та повітря розраховуються зв формулами:

$$f_v = f_o (1 + 0,01(V - 50)); \quad (3.2)$$

$$P_w = \frac{KFV^2}{13}. \quad (3.3)$$

Розрахунки значень f_v и P_w приймають з практичної роботи № 2 та заповнюють таблицю 3.3.

Прийняв ΔV за крок та інтегруючи приближеним численним методом функцію $J=f(V_a)$, визначимо час уповільнення в інтервалі швидкості 10 км/ч., с:

$$\Delta t_p = (\Delta V/3,6) / J_i, \quad (3.4)$$

Середню швидкість руху при гальмуванні в діапазоні (№ 1–№ 4) розраховуємо по формулі

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (3.5)$$

де V_i – значення швидкості руху;

n – кількість швидкостей руху.

Відстань вибігу розраховуємо за формулою:

$$L = T \cdot V_{cp}, \quad (3.6)$$

де T – час руху автомобіля при вибігу, с;

$$t = \sum_{r=1}^r t_i, \quad (3.7)$$

де t_i – час витрачений на уповільнення в певному діапазоні швидкості вибігу.

Наприклад, для діапазону 120–80:

1. Розраховуємо уповільнення для всіх діапазонів швидкостей (табл. 3.3).

$$j = (1\,600 \cdot 9,8 \cdot 0,0066 + 8,91) / (1\,600 \cdot 1,2) = 0,05854 \text{ м/с}^2.$$

2. Розраховуємо середню швидкість при вибігу:

$$V_{cp} = \frac{120 + 110 + 100 + 90 + 80}{5} = 100 \text{ км/год.}$$

3. Розраховуємо час вибігу:

$$t_{120-80} = \sum_{r=1}^r t_i = t_{120} + t_{110} + t_{100} + t_{90} + t_{80} = 3,4 + 3,9 + 4,6 + 5,5 + 6,7 = 24,216 \text{ с.}$$

$$\text{або } 24,216 / 3600 = 0,006727 \text{ год.}$$

4. Розраховуємо вибіг:

$$L_{120-80} = 0,006727 \cdot 100 = 0,67267 \text{ км або } L = 0,67267 \cdot 1000 = 672,7 \text{ м.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки для всіх варіантів. Графік зміни вибігу будується в діапазоні 120–0 км/год (рис. 3.1).

Таблиця 3.3 – Розрахунок параметрів уповільнення

Швидкість руху	f_v	P_w	j , м/с ²	Час руху автомобіля при зміні швидкості вибігу, с
10	0,0066	8,91	0,058539	47,4
20	0,0077	35,62	0,081441	34,1
30	0,0088	80,16	0,11362	24,4
40	0,0099	142,51	0,155079	17,9
50	0,011	222,68	0,205816	13,5
60	0,0121	320,66	0,265832	10,5
70	0,0132	436,46	0,335126	8,3
80	0,0143	570,07	0,413699	6,7
90	0,0154	721,50	0,50155	5,5
100	0,0165	890,74	0,59868	4,6
110	0,0176	1077,8	0,705089	3,9
120	0,0187	1282,67	0,820776	3,4

Таблиця 3.2 – Розрахунок параметрів вибігу автомобіля

Номер	Діапазон швидкостей $v_1 - v_2$, км/год	Середня швидкість руху, км/год	Час проходження, ділянки t , с	Довжина ділянки, на якому відбувається зміна швидкостей, $v_1 - v_2$, м
1	120-80	100	24,216	672,7
	120-50			
	120-30			
	120-0			
2	100-80			
	100-50			
	100-30			
	100-0			
3	80-50			
	80-30			
	80-0			
4	60-30			
	60-0			

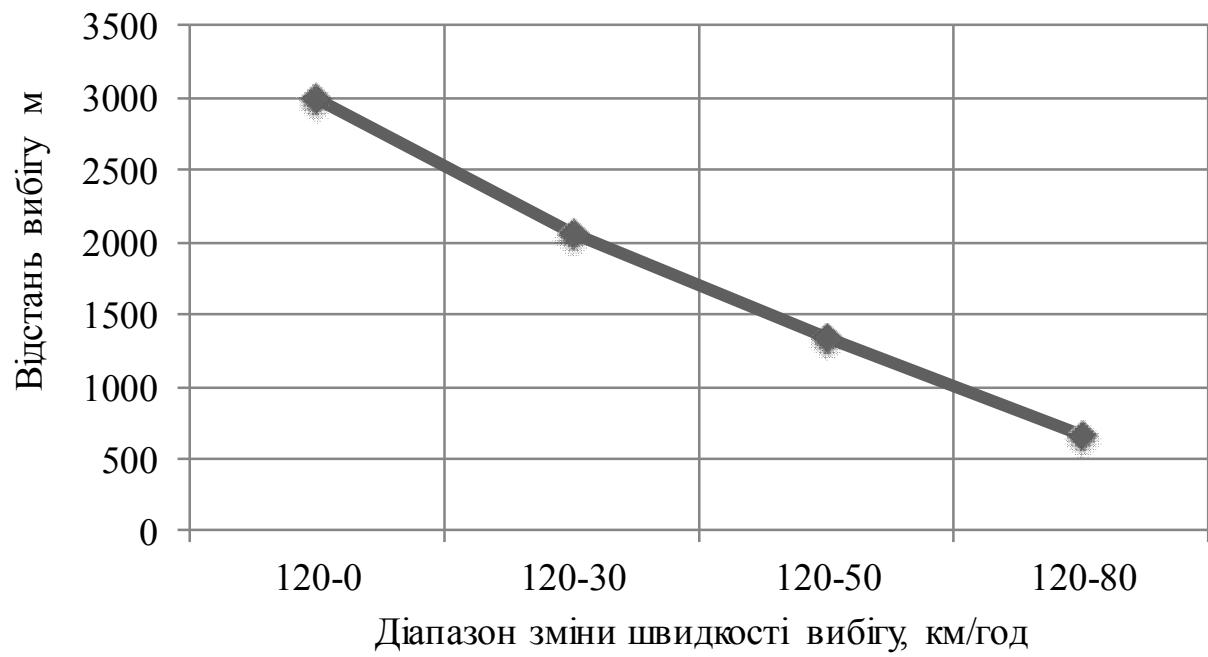


Рисунок 3.1 – Зміна відстані вибігу автомобіля залежно від діапазону зміни швидкості

Практична робота № 4

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи - отримати практичні навички з вивчення впливу параметрів і умов руху автомобіля на його зупинний шлях.

Завдання:

1. Розрахувати шлях, що проходить автомобіль за час реакції водія при швидкостях $V1-V6$.
2. Розрахувати шлях, що проходить автомобіль за час спрацювання гальм і часу наростання зусилля в гальмових системах при швидкостях $V1-V6$.
3. Розрахувати гальмівний шлях для швидкостей $V1-V6$ при різному типі дорожнього покриття.
4. Розрахувати зупиночний шлях автомобіля.
5. Побудувати графік залежності зупиночного шляху від швидкості руху для двох варіантів типу дорожнього покриття.
6. Побудувати графік залежності зупиночного шляху від часу гальмування для двох варіантів типу дорожнього покриття.
7. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Номер варіанта	Початкова швидкість гальмування V_n , км/год					
	$V1$	$V2$	$V3$	$V4$	$V5$	$V6$
1	20	40	60	80	100	120
2	25	30	35	40	45	50
3	10	20	30	40	50	60
4	10	20	30	40	50	60
5	40	50	60	70	80	90
6	35	40	45	50	55	60
7	40	55	70	85	100	115
8	20	30	40	50	60	70
9	25	45	65	85	105	125
0	15	25	35	45	55	65

* Варіант обирають за останньою цифрою залікової книжки.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані

Номер варіанта	Час реакції водія, с	Тип дорожнього покриття	
		варіант 1	варіант 2
1	0,75	Сухий асфальтобетон	Мокрий асфальтобетон
2	0,6	Сухий ґрунт	Мокрий ґрунт
3	0,55	Сніг	Лід
4	0,8	Сухий гравій	Мокрий гравій
5	0,7	Сухий асфальтобетон	Мокрий асфальтобетон
6	0,6	Суха бруківка	Мокра бруківка
7	0,8	Сухий асфальтобетон	Мокрий асфальтобетон
8	0,6	Суха бруківка	Мокра бруківка
9	0,85	Сухий асфальтобетон	Мокрий асфальтобетон
0	0,65	Сніг	Лід

* Варіант обирають за останньою цифрою залікової книжки.

Етапи виконання

У загальному вигляді зупиночний шлях автомобіля розраховується за формулою:

$$S_{ост} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad (4.1)$$

де S_1 – відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу реакції водія;

S_2 – відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу спрацьовування гальмівних систем автомобіля;

S_3 – відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу наростання зусилля в гальмівних системах автомобіля;

S_4 – відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу гальмування з максимальним зусиллям.

Шлях, що проходить автомобіль з урахуванням часу реакції водія, розраховується за формулою:

$$S_1 = V_n \cdot t_1, \quad (4.2)$$

де V_n – початкова швидкість гальмування, м/с;

t_1 – час реакції водія, с.

Відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу спрацювання гальмівних систем автомобіля, розраховується за формулою:

$$S_2 = V_n \cdot t_2, \quad (4.3)$$

де t_2 – час спрацювання гальмівних систем автомобіля (слід прийняти $t_2 = 0,1$ с).

Відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу наростання зусилля в гальмівних системах автомобіля:

$$S_3 = V_n \cdot t_3 - 0,25 \cdot \varphi \cdot g \cdot t_3^2, \quad (4.4)$$

де t_3 – час наростання тиску в гальмівній системі (приймаємо уповільнення $J = \varphi \cdot g / 2$);

φ – коефіцієнт зчеплення шини з дорожнім покриттям (див. табл. 4.3).

Час наростання тиску в гальмівній системі з урахуванням уповільнення розраховуємо за формулою

$$t_3 = 0,025 \cdot \frac{V_n}{J}. \quad (4.5)$$

Таблиця 4.3 – Експериментальні значення коефіцієнта φ

Покриття	Коефіцієнт зчеплення шини з дорожнім покриттям
Сухий асфальтобетон	0,8
Мокрий асфальтобетон	0,55
Суха бруківка	0,65
Мокра бруківка	0,4
Сухий гравій	0,6
Мокрий гравій	0,35
Сухий ґрунт	0,5
Мокрий ґрунт	0,3
Сніг	0,25
Лід	0,1

Відстань, яку проходить автомобіль з урахуванням часу гальмування з максимальним зусиллям розраховується за формулою:

$$S_4 = \frac{V_n^2}{2 \cdot \varphi \cdot g} + \frac{\varphi \cdot g \cdot t_3^2}{8}, \quad (4.6)$$

Час гальмування з максимальним зусиллям розраховується за формулою:

$$t_4 = V_n / \varphi \cdot g. \quad (4.7)$$

Загальний час, витрачений на зупинку автомобіля при гальмуванні розраховується за формулою:

$$t_{ocm} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (4.8)$$

За результатами розрахунків шляху S_1, S_2, S_3, S_4 і часу t_3, t_4 заповнюють підсумкову таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати розрахунків параметрів гальмування автомобіля

Швидкість, км / год	Параметр							
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_{ocm}	t_3	t_4	t_{ocm}
Тип дорожнього покриття (назва)								
V1								
V2								
V3								
V4								
V5								
V6								
Тип дорожнього покриття (назва)								
V1								
V2								
V3								
V4								
V5								
V6								

Наприклад, для швидкості 40 км/год. Час реакції водія – 1 с. Тип покриття – сухий асфальтобетон.

Тоді:

$$S_1 = 40/3,6 \cdot 1 = 11,11 \text{ м},$$

$$S_2 = 60/3,6 \cdot 0,1 = 1,67 \text{ м},$$

$$J = 0,8 \cdot 9,81/2 = 3,924 \text{ м/с}^2,$$

$$t_3 = 0,035 \cdot \frac{(40/3,6)}{3,924} \approx 0,1 \text{ с},$$

$$S_3 = (40/3,6) \cdot 0,1 - 0,25 \cdot 0,8 \cdot 9,81 \cdot 0,1^2 = 1,09 \text{ м},$$

$$S_4 = \frac{(40/3,6)^2}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81} + \frac{0,8 \cdot 9,81 \cdot 0,1^2}{8} = 7,87 \text{ м},$$

$$t_4 = (40/3,6) / 0,8 \cdot 9,81 = 1,41 \text{ с},$$

$$S_{\text{ост}} = 11,11 + 1,67 + 1,09 + 7,87 = 21,74 \text{ м},$$

$$t_{\text{ост}} = 1 + 0,1 + 0,1 + 1,41 = 2,61 \text{ с}.$$

За результатами розрахунків всього діапазону швидкостей будують графіки для різних типів покриття.

Наприклад, для сухого асфальтобетону (рис. 4.1–4.2)

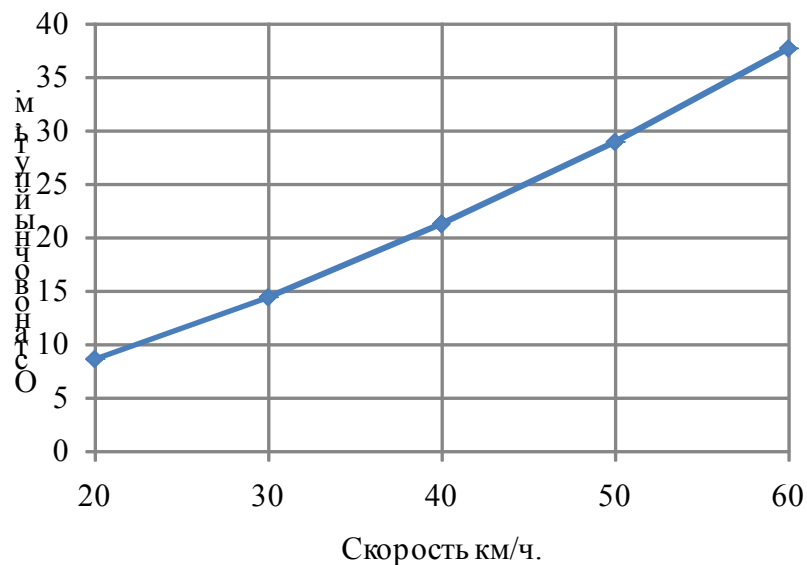


Рисунок 4.1 – Графік зміни гальмівного шляху в залежності від швидкості руху для сухого асфальтобетону

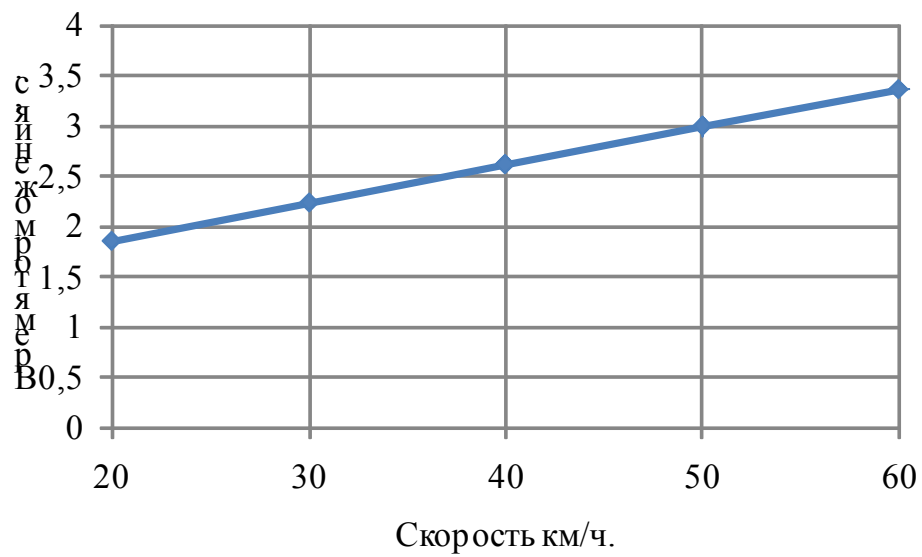


Рисунок 4.2 – Графік зміни часу гальмування в залежності від швидкості руху для сухого асфальтобетону

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Говорущенко Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н. Я. Говорущенко. – М.; Транспорт, 1990.
2. Канило П. М. Автомобиль и окружающая среда / П. М. Канило, И. С. Бей, А. И. Ровенський. – Харьков : Прапор, 2000. – 304 с.
3. Краткий автомобильный справочник / [А. Н. Понизовкин и др.]. – М. : АО «Трансконсалтинг», НИИ АТ, 1994.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
із навчальної дисципліни

«ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»

*(для студентів денної і заочної форм навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

Укладачі: **ПРАСОЛЕНКО** Олексій Володимирович,
БУГАЙОВ Ігор Сергійович

Відповідальний за випуск *О. О. Лобашов*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2018, поз. 247 М

Підп. до друку 06.06.2018. Формат 60 x 84/16.

Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 1,2.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.